



ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIRS) APLICADA NA AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE PISOS DE MADEIRA

EBRA14-CAR-525

RESUMO: O objetivo deste estudo foi verificar a aplicabilidade da espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) na avaliação da qualidade da superfície de amostras de pisos de madeira submetidas ao tratamento superficial contínuo com lixas e vernizes. Amostras de madeira de *Myroxylon balsamum*, cabreúva, foram utilizadas, por conta da sua qualidade, para a confecção de pisos e outras aplicações relacionadas. Dez corpos de prova de madeira (dimensões utilizadas para pisos de madeira, de 8x50x1,8 cm) foram submetidos a 10 tratamentos, combinando aplicações de lixas e de verniz, desde a madeira original (sem tratamento) até o produto final. Na superfície de cada corpo de prova de madeira foram obtidos 10 espectros com o equipamento Bruker MPA com esfera de integração, na faixa do infravermelho próximo (NIR) de 800 até 2500 nm. Os resultados dos espectros NIR foram explorados pela Análise de Componentes Principais (PCA), como um método descritivo de análise. Os dados espectrais do NIR foram utilizados para desenvolver os modelos de classificação utilizando o método de análise de discriminação de regressão dos mínimos quadrados parciais (PLS-DA). O plano definido pelo PC1 e PC2 (explicando 80% da variabilidade) da PCA mostrou os diferentes grupos de tratamento, principalmente, em relação às amostras originais (sem tratamento), com os três tratamentos iniciais e o correspondente tratamento final (produto final). Os resultados na validação cruzada do PLS-DA indicaram que os modelos de NIR são apropriados na discriminação dos corpos de prova de madeira de *M. balsamum* dos 10 tratamentos, com um erro global de 5%. Desta forma, conclui-se que a metodologia NIRS tem potencial para prever os tratamentos da superfície da madeira de *M. balsamum* no processo industrial de confecção de pisos. Para a análise de rotina é necessário desenvolver os modelos de classificação NIRS com base na ampliação da amostragem, incluindo as variações naturais da madeira e do tratamento de sua superfície.

Palavras Chave: classificação, NIR, *Myroxylon balsamum*, piso, acabamento superficial.

NEAR INFRARED SPECTROSCOPY (NIRS) APPLIED IN WOODEN FLOORS SURFACE

EVALUATION

ABSTRACT: The aim of this study was to verify the applicability of near infrared spectroscopy (NIRS) in assessing the quality of surface samples of wood floors under continuous surface treatment with sandpaper and varnishes. Wood samples of *Myroxylon balsamum*, Peru Balsam, were used due to their quality for making floors and other related applications. Ten samples of wood (wood flooring pattern dimensions (WxLxT) of 8, 50, 1.8 cm) underwent ten treatments combining sandpaper and varnish applications, since the original sample (untreated) to the final product. Using Bruker MPA with integrating sphere in the near-infrared range (NIR) from 800 to 2500 nm, ten spectra were obtained from the surface of each timber specimen.

NIR spectra results were explored by Principal Component Analysis (PCA) as a descriptive analysis method. The NIR spectral data were used to develop classification models using partial least squares discrimination analysis (PLS-DA) regression method. The scheme defined by PC1 and PC2, explained 80% of PCA's variability. It showed different treatment groups regarding the original samples (without treatment), to the three initial and the final (final product) treatments. PLS-DA cross-validation indicated that NIR models are suitable for discrimination of the ten *M. balsamum* samples treatments, with an overall error of 5 %. Thus, it is concluded that the NIRS method has the potential to predict the surface treatment of wood *M. balsamum* in the floor making industrial process. For routine analysis it

is necessary to develop NIRS classification models based on sampling expansion, including natural variations of wood and its surface treatments.

Keywords: classification, NIR, *Myroxylon balsamum*, floor surface finish.

1. INTRODUÇÃO

A caracterização do lenho das árvores, da madeira e de seus produtos é complexa, devido as variações da estrutura anatômica, das propriedades químicas, físicas e mecânicas. A literatura relata as dificuldades da caracterização da madeira, inerentes à sua natureza, como material orgânico, heterogêneo, anisotrópico, etc., exigindo metodologias, ferramentas e equipamentos específicos.

Os laboratórios das universidades, dos institutos de pesquisa e das empresas florestais de todo o mundo investem continuamente no desenvolvimento de novas metodologias e equipamentos, com o intuito de constituir procedimentos para estabelecer padronizações que possam, com segurança, avaliar os diferentes parâmetros de qualidade da madeira e de seus produtos. Nesse sentido, mais recentemente, os laboratórios de pesquisa de produtos de base florestal têm aplicado, com sucesso, a espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) como metodologia para a análise da madeira pelas vantagens do caráter não destrutivo, não exigência do pré-tratamento das amostras, rapidez e precisão, etc.

Inúmeras publicações científicas de relevância têm aplicado o NIR em diferentes procedimentos de caracterização da madeira, como para a identificação de espécies com similaridade das suas propriedades (Schimleck et al. 1996, Pastore et al 2011, Tsuchikawa et al. 2003, Dawson-Androh 2012, Muñiz et al. 2013), em madeiras de mesma espécie e de várias procedências (Braga et al. 2011, Sandak et al. 2011), dentre outras. De forma mais específica, o NIR tem sido aplicado para a discriminação de grupos de madeiras de espécies com propriedades distintas (Tsuchikawa et al., 2007, 2013), na análise de madeiras modificadas termicamente (Schwanninger et al. 2004, Ribeiro, 2009, Bächle et al. 2010, 2012, Rousset et al. 2011) e, também, na madeira tratada com preservativos (Bouslamti et al. 2013).

2. OBJETIVO

Pelo exposto, o objetivo do presente trabalho foi verificar a aplicabilidade da espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS) na avaliação da qualidade da superfície de amostras de pisos de madeira de *Myroxylon balsamum*, cabreúva, submetidas ao tratamento superficial contínuo com lixas e vernizes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A madeira de *Myroxylon balsamum*, cabreúva, foi utilizada na análise com NIR pela sua qualidade na confecção de pisos e de outras aplicações relacionadas. Na linha de produção da Indústria IndusParquet foram selecionados 10 corpos de prova de madeira (dimensões utilizadas para pisos de madeira, de 8x50x1,8 cm) submetidos a 10 tratamentos, combinando aplicações sequenciais de lixas e de verniz, compreendendo a madeira original (sem tratamento) até a madeira no tratamento final.

Os corpos de prova de madeira de *M. balsamum* foram mantidos em sala climatizada (20°C, 65% umidade relativa) até atingir a umidade de equilíbrio e, em seguida, analisados através do NIR em condições de laboratório.

A aquisição espectral com fibras óticas foi realizada no modo de reflexão difusa do infravermelho próximo (NIR) na região de 3800 até 12500 cm⁻¹ (800-2800 nm) com uma resolução espectral de 4 cm⁻¹, utilizando o espectrômetro modelo MPA, Bruker, associado ao programa OPUS versão 7. Na superfície dos corpos de prova de madeira dos diferentes tratamentos, foram realizadas 10 leituras, sendo o espectro de cada amostra representado pela média de 16 leituras. Os resultados dos espectros NIR foram explorados (de 1100 até

2500 nm) pela Análise de Componentes Principais (PCA), como um método descritivo de análise. Avaliações de diferentes pré-processos dos espectros foram aplicadas inicialmente, como controle, SNV, Derivativa 1, Derivative 2 e suas combinações. Os dados espectrais do NIR foram utilizados para desenvolver os modelos de classificação, utilizando o método de análise de discriminação de regressão dos mínimos quadrados parciais (PLS-DA) com Unscrambler Software 9.7 (Camo, AS, Norway).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise da superfície dos corpos de prova de madeira de *M. balsamum* através da metodologia NIR são apresentados nas Figuras 1 a 4 e Tabela 1.

Inicialmente, foram comparados os resultados dos espectros médios dos 10 tratamentos, incluindo as amostras dos corpos de prova de madeira considerados como controle (Figura 1). Em seguida, foram apresentados os resultados das diferenças entre a média dos espectros dos corpos de prova de madeira do tratamento controle (sem tratamento) e os espectros médios de cada tratamento (Figura 2).

Os resultados indicam o efeito dos tratamentos da superfície dos corpos de prova de madeira nas diferentes regiões dos espectros (Figuras 1 e 2). Verifica-se que o nível de absorção do NIR depende dos tratamentos e da quantidade da seladora aplicada na superfície da madeira dos corpos de prova, sendo que, para alguns picos, a absorção é proporcional ao número de aplicações da seladora (Figura 2).

Na sequência, os resultados da aplicação da análise PCA propiciaram a construção de todos os espectros, sendo os melhores resultados obtidos com SNV e a Derivada 1, na fase de pré-processamento dos espectros.

Os resultados obtidos pela aplicação da análise PCA são apresentados na Figura 3, indicando que mais de 80% da variabilidade foi explicada pelos 2 primeiros componentes principais (Figura 3A). Esses resultados mostram, ainda, a capacidade da análise PCA na discriminação dos grupos dos corpos de prova de madeira em função dos tratamentos aplicados para a melhoria da qualidade de sua superfície. Verifica-se que o nível de discriminação dos tratamentos foi mais eficiente sem a inclusão dos corpos de prova de madeira controle (Figura 3B).

A análise do Componente Principal 1 (PC1, 72% da variabilidade) evidenciou os mesmos picos (Figura 3C) apresentados anteriormente nas Figuras 1 e 2, devendo, provavelmente, estarem relacionados com absorbância da seladora.

Os resultados da etapa seguinte, da aplicação da análise PLS-DA nos dados espectrais de acordo com os tratamentos, são apresentados na Figura 4 e Tabela 1. Os planos PC1 e PC2 da PLS-DA demonstraram uma discriminação dos grupos dos corpos de prova de madeira devido aos diferentes tratamentos. O valor da discriminação com PC1 e PC2 da PLS-DA, como já esperado, é melhor que o da PC1 e PC2 da PCA, considerando que o PLS-DA constitui uma metodologia supervisionada. O modelo de classificação da PLS-DA demonstrou os resultados da classificação dos grupos com níveis de erro variando de 0 a 20%, com valor médio de 13.7%. Os níveis de erros dependem dos grupos de tratamentos dos grupos, principalmente em relação aos tratamentos da superfície da madeira próximos entre si.

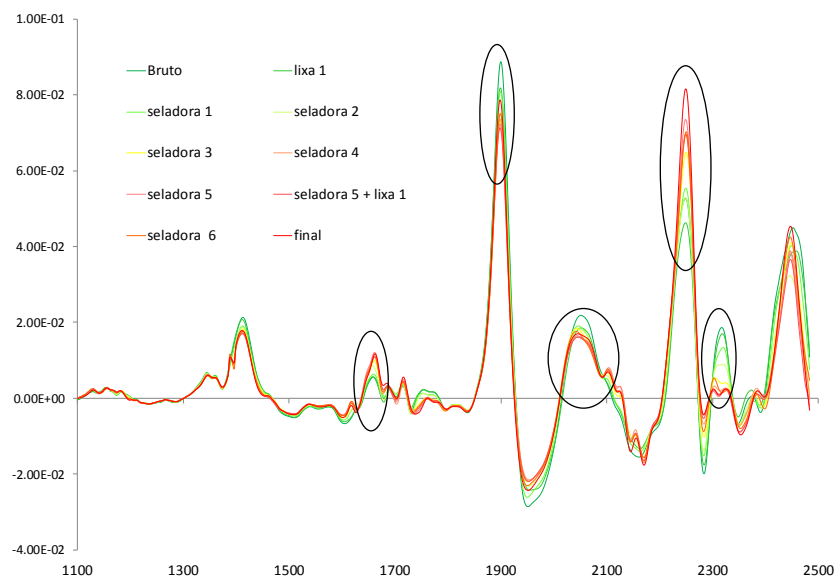


Figura 1. Espectros médios (comprimento da onda em nm e absorbança relativa) obtidos para cada um dos 10 tratamentos com SNV + derivativa 1.

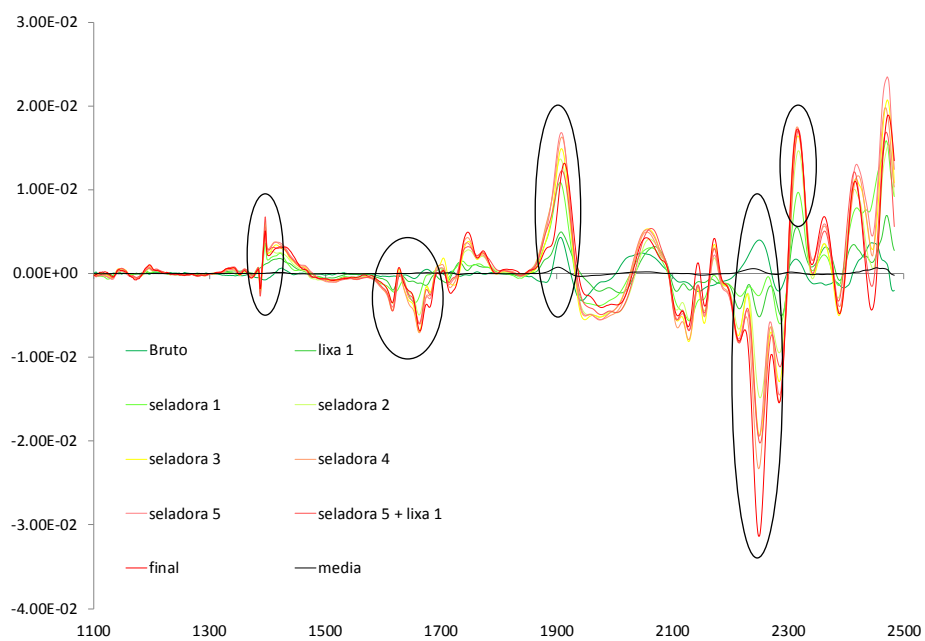


Figura 2. Diferenças entre os espectros (comprimento da onda em nm e absorbança relativa) médios sem tratamento e os espectros médios para cada um dos 10 tratamentos (SNV + derivativa 1)

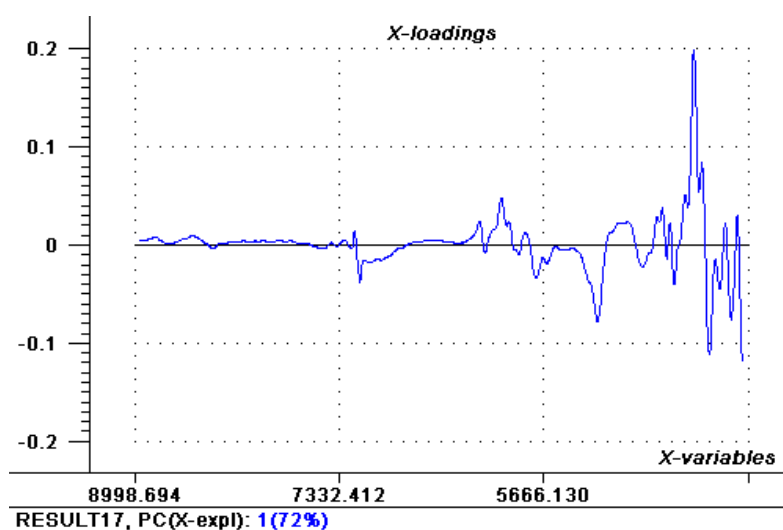
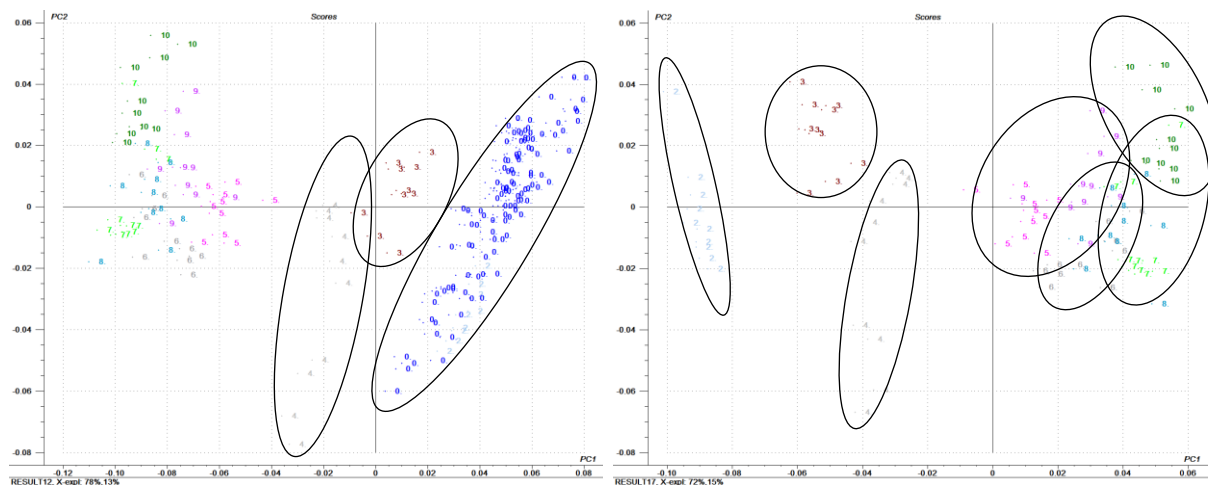


Figura 3. Resultados da PCA (espectros com SNV + derivativa 1), (A) todos os tratamentos; (B) sem tratamentos 0,1 (madeira não trabalhada); (C) loading componente principal 1 (72% da variabilidade).

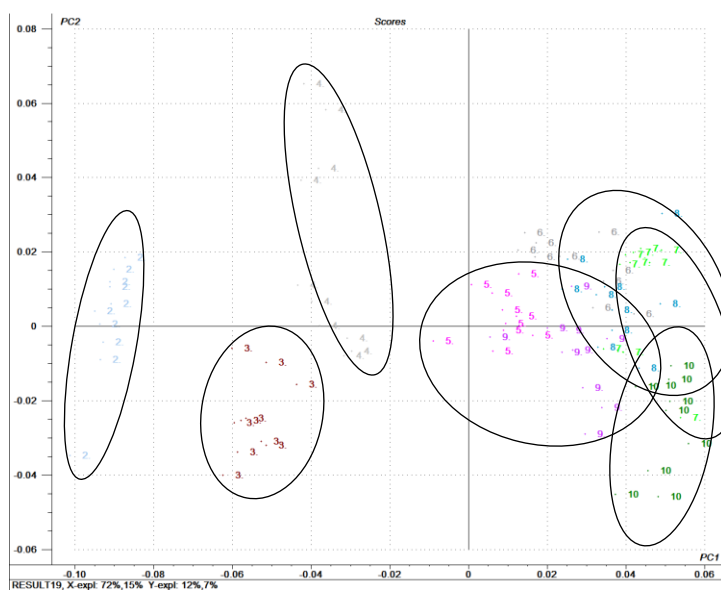


Figura 4. Resultados da PLS DA (espectros com SNV, derivativa 1) sem os tratamentos 0,1 (madeira não trabalhada)

Tabela 1. Resultados da avaliação cruzada do modelo de PLS DA (espectros com SNV + derivativa 1) sem tratamento 0,1 (madeira não trabalhada)

		AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE TRABALHO									RESULTADOS GERAIS			
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Classificação	Erro	Taxa de Erro
NÍVEL DE TRABALHO	2	10									10	10	0	0.0
	3		10								10	10	0	0.0
	4			8	2						10	8	2	20.0
	5			2	8						10	8	2	20.0
	6					8	1			1	10	8	2	20.0
	7						8	2			10	8	2	20.0
	8			1		6	1	5	2		15	5	5	33.3
	9								10		10	10	0	0.0
	10									10	10	10	0	0.0
	Total										95	77	13	13.7

5. CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que a aplicação da metodologia NIRS indica potencial para a predição dos tratamentos da superfície da madeira de *M. balsamum* no processo industrial de confecção de pisos. Na literatura, não foram encontrados registros da aplicação do NIRS para a avaliação da qualidade da superfície da madeira de pisos com tratamento industrial de verniz e seladora.

Com o estudo, também foi possível verificar que análises de corpos de prova de madeira com maior número de repetições e de tratamentos devem ser realizadas, em continuidade às pesquisas, possibilitando incluir a maior variabilidade da madeira no modelo com PLS-DA. Conclui-se, ainda, a possibilidade de identificar os picos de absorbância da superfície da madeira tratada com seladora.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à IndusParquet, que gentilmente forneceu as amostras de pisos de madeira de cabreúva para o estudo.

7. REFERÊNCIAS

BÄCHLE H., ZIMMER B., WEGENER G. 2012. Classification of thermally modified wood by FT-NIR spectroscopy and SIMCA. **Wood Sci. Technol.** 46: 1181-1192.

BÄCHLE H., ZIMMER B., WINDEISEN E., WEGENER G. 2010. Evaluation of thermally modified beech and spruce wood and their properties by FT-NIR spectroscopy. **Wood Sci. Technol.** 44: 421-433.

BOUSLAMTI M.A., IRLE M.A., BELLONCLE C., SALVADOR V., HULOT S., CARON B. QANNARI E.M. 2013. Classification of treated wood using Fourier transform near infrared spectroscopy and multivariate data analysis. **International Wood Products Journal** 4(2), 116-121.

BRAGA J.W.B., PASTORE T.C.M., CORADIN V.T.R., CAMARGOS J.A.A., SILVA A.R. 2011. The use of near infrared spectroscopy to identify solid wood specimens of *Swietenia macrophylla* (cites appendix ii). **IAWA Journal** 32(2): 285-296.

DAWSON-ANDOH B., ADEDIPE O.E., 2012. Rapid spectroscopic separation of three Canadian softwoods. **Wood Sci. Technol.** 46: 1193-1202.

MUÑIZ DE G.I.B., CARNEIRO M.E., NISGOSKI S., RAMIREZ M.G.L., MAGALHÃES W.L.E. 2013. SEM and NIR characterization of four forest species charcoal. **Wood Sci. Technol.** 47:815-823

PASTORE T.C.M., BRAGA J.W.B., CORADIN V.T.R., MAGALHÃES W.L.E., OKINO E.Y.A., CAMARGOS J.A.A., MUÑIZ DE G.I.B., DAVRIEUX F., 2011. Near infrared spectroscopy (NIRS) as a potential tool for monitoring trade of similar woods: discrimination of true mahogany, cedar, andiroba, and curupixá. **Holzforschung** 65, pp. 73-80.

ROUSSET P., DAVRIEUX F., MACEDO L., AND PERRE P., 2011. Characterisation of the torrefaction of beech wood using NIRS: Combined effects of temperature and duration. **Biomass & Bioenergy** 35 (3): 1219-1226.

SANDAK A., SANDAK J., NEGRI M., 2011. Relationship between near-infrared (NIR) spectra and the geographical provenance of timber. **Wood Sci. Technol.** 45: 35-48.

SCHIMLECK L.R., MICHELL A.J. & VINDEN P. 1996. Eucalypt wood classification by NIR spectroscopy and principal component analysis. **Appita J.** 49: 319-324.

SCHWANNINGER M., HINTERSTOISSER B., GIERLINGER N., WIMMER R., HANGER J. 2004. Application of Fourier transform near infrared spectroscopy (FT-NIR) to thermally modified wood. **Holz als Roh-und Werkstoff**, 62: 483–485.

TSUCHIKAWA S. 2007. A review of recent near infrared research for wood and paper. **Appl. Spectrosc. Rev.** 42: 43-71.

TSUCHIKAWA S., INOUE K., NOMA J., HAYASHI K. 2003. Application of near-infrared spectroscopy to wood discrimination. **J. Wood Sci.** 49: 29-35.

TSUCHIKAWA S., SCHWANNINGER M., 2013. A review of recent near-infrared research for wood and paper (Part 2). **Applied Spectroscopy Reviews**, 48:7, 560-587.

8. NOTA DE RESPONSABILIDADE

Os autores do presente trabalho são os únicos responsáveis pelos resultados.